

ТАРЧЕВСКИЙ В. В., ЗАЙЦЕВА Л. К.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ НА АСБЕСТОВЫХ ОТВАЛАХ

Вопросы утилизации, консервации и окультуривания промышленных отвалов в районах добычи полезных ископаемых становятся серьезной природоохранительной проблемой, требующей разно-стороннего решения. В данной статье излагаются результаты изучения растительности на обширной площади асбестовых отвалов в г. Асбесте.

Город Асбест расположен в 60 км к северо-востоку от г. Сверд-ловска на слабо расчлененной лесостепной равнине. Растительность района — березовая лесостепь с сосновыми борами на дерново-подзолистых и деградированных черноземах.

Климат района континентальный со среднегодовой температу-рой 1° , характеризуется довольно продолжительной холодной зи-мой и сравнительно коротким и жарким летом. Среднегодовое коли-чество осадков составляет около 400 мм, причем наибольшее коли-чество их выпадает летом (июнь, июль, август). В остальное время количество осадков не превышает 10 мм в месяц. Преобладающим направлением ветров являются: летом — северное и северо-запад-ное, зимой — западное и юго-западное.

В г. Асбесте расположено всемирно известное Баженовское месторождение хризотил-асбеста ($Mg_3Si_4O_{10}OH_8$). Месторождение занимает большую площадь. Разработка полезных ископаемых производится открытым способом и состоит из двух основных про-изводственных процессов — удаления накрывающих и вмещаю-щих асбест пустых пород (вскрышные работы) и выемки полезного ископаемого. Пустые породы, составляющие более 90% ко всей вынимаемой породе, размещаются на специально отводимых пло-щадях в виде отвалов. Отвалы образуются также около обогати-тельных фабрик из дробленого серпентина после извлечения асбеста. Ежегодно в отвалы складываются миллионы тонн пустой грубокаменистой породы и около 1,5 миллиона тонн дробленого серпентина.

Отвалы имеют самую различную конфигурацию — от конусо-видных, до 70 м высотой, до широких полей нарушения, занимаю-

щих обширные площади. Всего под отвалами занята площадь в 6,3 км². Эти отвалы в настоящее время никак не используются, за исключением дробленых серпентинитов, которые охотно вывозятся как строительный материал и как дорожное покрытие. В будущем не исключена возможность последующей переработки отвального материала для вторичной переработки, но сейчас запасы каменных пород настолько велики, что необходимы срочные меры по их окультуриванию. При намечающемся расширении фронта работ и углублений карьеров со 110 м до глубины в 500 м мощность отвалов возрастет еще больше.



Рис. 21. Оседание асбестовой пыли на растениях.

К числу отрицательных факторов необходимо отнести пылевидные выбросы обогатительных фабрик. Эти фабрики окружают г. Асбест и, несмотря на все фильтровальные установки, ежедневно выбрасывают 45—50 тонн тончайшей пыли. При оседании пыли на растениях резко нарушаются физиологические функции растений, уменьшается ассимиляционная поверхность и в летние жаркие дни ведет к прекращению фотосинтеза (Ершов, 1957). О том, как велико запыление растений, можно судить по веткам сосны в густом лесу, отстоящем в 400 м от обогатительной фабрики (рис. 21). Запыленность растений, особенно их листовой поверхности, является причиной частых неудач культуры растений в запыленных местах.

Что же представляют собой асбестовые отвалы как среда обитания для растений? В основном они состоят из серпентина.

Серпентин — мягкий минерал, с сильно развитой трещиноватостью и слабым водопоглощением (от 0 до 0,3%). Серпентины отличаются постоянством петрографического состава и однородностью структуры. Их химический состав: MgO — 43,0%, SiO_2 — 44,1%, H_2O — 12,9%. Из-за отсутствия калия, фосфора, азота асбестовые отвалы крайне бедны растворимыми веществами и поэтому естественная растительность развивается на них медленно. Правда, силикаты могут повышать урожай растений в случае недостатка фосфора в почве. Но силикаты, будучи способны увеличивать эффективность фосфора, не способны его заменить (Школьник, 1950). Благодаря наличию в асбестовых отходах до 43% окиси магния, некоторого количества кальция и марганца, их можно использовать как удобрение на кислых дерново-подзолистых почвах. Применение асбестовой пыли в сельском хозяйстве значительно экономичнее извести. Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства в течение ряда лет проводил полевые опыты в Асбестовском совхозе по нейтрализации почвенной кислотности асбестовой пылью. Отходы вносились под посевы картофеля, ячменя, однолетнего люпина. Результаты этих опытов получились положительные.

На протяжении двух лет нами были проведены эксперименты по выращиванию растений на грубокаменистых асбестовых отвалах, а также наблюдения за естественным зарастанием этих отвалов. В 1960 г. был заложен участок в 22 грядки, из которых три были расположены на вершине отвала, десять по его склону и девять на дне широкого понижения внутри отвала. Было высеяно 8 видов травянистых растений непосредственно в отвал и дальнейшего ухода за ними не производилось. Наряду с посевом травянистых растений были высажены в этих же условиях некоторые древесные и кустарниковые растения. Второй участок был заложен на свежем отвале из дробленого серпентина, где была высеяна коллекция семян различных видов, полученная из ботанических садов Советского Союза.

Помимо опытов, заложенных в 1960 г., весной 1961 г. был заложен новый небольшой участок на грубокаменистом отвале, на поверхности которого был нанесен небольшой слой земли в 1—2 см. Здесь были высеяны семена трех видов растений. Во всех случаях семена заделывались на глубину 1—2 см.

В течение первого месяца развитие растительных организмов идет за счет запасов питательных веществ семени, а затем целиком регулируется особенностями среды, которые определяют темпы роста и развития организмов. В наших опытах отмечено, что как только были исчерпаны запасы питательных веществ семени, началось резкое отставание в развитии растительных организмов, находящихся в необычных для них условиях. Для сравнения были взяты данные по развитию тех же растений, полученные на Тимохинской лугомелиоративной станции Пышминского района, Свердловской области, П. В. Лебедевым (1959, 1961).

Растения на асбестовых отвалах развиваются с большими затруднениями, что выражается в запаздывании появления всходов, появлении каждого нового листа, в незначительном росте надземной массы растений, в образовании слабой корневой системы и др. Так, лишь на 13-й день после посева появились первые всходы люцерны синегибридной и клевера белого, а также на площадке со смесью семян сорных растений. Через 33 дня были отмечены всходы овсяницы луговой, ежи сборной, тимopheевки луговой, дружные всходы пырея бескорневищного и костра безостого.



Рис. 22. Опытные площадки на асбестовых отвалах.

В наших опытах основное внимание было обращено на выращивание многолетних злаковых растений из числа наиболее распространенных в Свердловской области. Ниже дается описание особенностей роста и развития отдельных видов растений.

Овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds). В условиях оптимальной влажности всходы овсяницы появляются на 10—12-й день. Через 5—6 дней после появления шилец разворачивается первый лист и затем через такой же срок появляется второй, третий и следующие листья. После формирования 4—5-го листа осевого побега начинается кущение, продолжающееся до конца вегетационного периода. На асбестовых отвалах, как уже отмечалось, всходы появились только через 33 дня, а первый лист через 10—12 дней. Всего за вегетационный период сформировалось только 4 листа. На 74-й день после посева глубина корневой системы достигала 4—6 см, а надземная масса имела в высоту 5,6 см. Лишь на второй

год жизни после образования четвертого листа тронулась в рост почка первого кроющего листа и началось кущение. Прирост надземной массы и во второй год идет сравнительно медленно — 1—1,5 см в пятидневку. К концу вегетационного периода во второй год жизни растения достигли в высоту 15 см, образовав 7—8 листьев и 3—4 побега высотой в 5 см. Некоторые экземпляры достигли высоты в 30 см и перешли к цветению.

Семена овсяницы луговой, высеянные весной 1961 г. на отвале с примесью земли, дали в первый же год более лучшие результаты. Первые всходы появились через 15 дней после посева, прирост в пятидневку составлял 1,5—2 см, к осени достигли высоты в 11 см, образовав по 4 листа и по 2 побега. Корневая система достигла глубины в 12 см.

Костер безостый (*Bromus inermis* Leys). В обычных условиях семена прорастают на 8—10-й день после посева. Через 5—6 дней после появления шилец разворачивается первый лист и через такие же промежутки времени последующие листья. На асбестовом отвале всходы появились с большим опозданием: через 33 дня. Первый лист появился через 5—6 дней, но второй уже через 12 дней, третий — через 7 дней. Если в нормальных условиях кущение начинается через 35—40 дней, то на асбестовых отвалах в первый год жизни растения к кущению так и не перешли. Побегсообразование началось в конце июня месяца на второй год жизни. Так же, как и костер безостый, развивались пырей бескорневищный (*Agropyrum tenerum* Vasey) и пырей ростовский сизый (*Ag. glaucum* Döll). В зиму растения ушли, образовав по 5 листьев; имели рост в 10,5 см, а корневая система достигала до 9 см.

Условия опыта неблагоприятно сказались на состоянии тимopheевки луговой (*Phleum pratense* L.) и ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.). Тимофеевка за первый год жизни достигла высоты в 3 см, а ежа сборная развивалась крайне медленно, а затем рост в высоту прекратился совсем. У тимopheевки и ежи далее первых двух листьев развитие не пошло. На второй год тимopheевка стала отрастать и после образования шестого листа началось кущение и к концу второго года жизни образовалось три побега. Корневая система достигла глубины 15 см. Ежа сборная из посевов выбыла.

За два года опытов установлено, что на асбестовых отвалах некоторые многолетние злаки, несмотря на значительные отклонения в своем развитии от нормы, могут расти и культивироваться.

Из семейства бобовых испытывались только две культуры — люцерна синегибридная (*Medicago media* Pers.) и клевер белый (*Trifolium repens* L.). Всходы люцерны в нормальных условиях появляются на 5—8-й день после посева, через 5—6 дней после всходов первый сложный лист и последующие через каждые 4—5 дней, а после образования 7—8 листа начинается ветвление и на 65-й день после посева — цветение. В наших опытах всходы люцерны появились на 13-й день. Через 10 дней после этого появился первый сложный лист, появление следующих листьев было

точно так же замедленно. Единичные растения люцерны выглядели очень хилыми и к концу первого года не превышали 3—5 см в высоту. В 1961 г. произошло слабое отрастание люцерны, а затем она вся погибла и наблюдения были прекращены.

Следует отметить и замедленный рост у клевера белого, у которого в первый год жизни развернулось только три сложных листа. А затем клевер белый точно так же выпал из посевов.

Исходя из этого можно считать, что асбестовые отвалы являются неблагоприятной средой для развития бобовых растений.

Наряду с посевами многолетних растений на грубокаменистом субстрате, были высажены 10 кустов барбариса обыкновенного (*Berberis vulgaris* L.), 10 кустов розы японской (*Rosa japonica* L.) и 10 кустов караганы желтой (*Caragana*), полученных из Свердловского дендропарка. Из всех высаженных кустов прижились только все кусты барбариса и 6 кустов розы японской. Карагана желтая вся выпала. В первое время после посадки растения не проявляли признаков роста, но затем появились новые листья. За два года наблюдений растения барбариса выросли на 8—10 см. Роза японская дала незначительный прирост.

Посевы семян травянистых растений на свежем отвале из дробленого серпентина дали отрицательный результат. Ни одно из семян не взошло. При изучении причин гибели растений выяснено, что первые растения на такого типа отвалах после их длительного выветривания и цементации появляются только через 10—13 лет.

При изучении естественного зарастания асбестовых отвалов наше внимание привлекли наиболее распространенные в этих условиях три злака — овсяница красная (*Festuca rubra* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и бескильница Гаупта (*Puccinellia Hauptiana* V. Krecz), за которыми затем были проведены специальные наблюдения.

Овсяница красная — многолетник с ползучим коротким корневищем, образует рыхлые дерновинки. Встречается на отвалах часто почти во всех условиях. Формирует стебли 35—50 см высотой. Длина метелок 10 см. Корневая система достигает 12—17 см глубины. В рыхлой дернине отмечается 20—25 генеративных побегов. Овсяница на отвалах начинает цвести в июле месяце. Все растения овсяницы выглядят нормально. Поэтому овсяницу красную можно рекомендовать как самое перспективное растение для закрытия асбестовых отвалов.

Мятлик луговой на отвалах достигает высоты 40—50 см. Корневая система его углубляется на 15—20 см. В пределах одного куста насчитывается 13—15 генеративных побегов. Так же как и овсяница, развивается нормально и поэтому должен быть использован при озеленении асбестовых отвалов.

Бескильница Гаупта встречается на отвалах в виде разреженных групп или же отдельными дерновинками. Она в данных условиях точно так же развивается нормально, достигая высоты 30—40 см. Вместе с указанными овсяницей и мятликом должна быть широко использована для закрепления отвалов.

При изучении растительного покрова асбестовых отвалов различного возраста были зарегистрированы также следующие немногие растения.

В пределах стационарного участка на грубокаменистом асбестовом отвале с многочисленными нарушениями высотой 25 м и возрастом 15—20 лет была обнаружена крайне разреженная растительность. Из древесных и кустарниковых растений были найдены 13 кустиков ив, из которых 2 достигали высоты в 30—32 см, имели по 6—8 ветвей и до 100 листьев на каждом кусте. Остальные экземпляры не превышали 5—20 см. Две сосны не превышали 10 см и имели по 4 боковых веточки. 3 экземпляра березы имели высоту 5, 6 и 18 см, на последнем экземпляре насчитано 30 листьев. Найдено 5 осин, из которых самая большая имела высоту в 29 см и 20 листьев. Все эти деревья выглядели угнетенно. Листовая поверхность была незначительной. Разреженный травянистый покров составлен следующими растениями: полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), иван-чай (*Chamaenerium angustifolium* Sco), щавель конский (*Rumex crispus* L.), бескильница (*Puccinellia* V. Křez.), липучка (*Lappula echinata* Gilib.), марь (*Chenopodium* Sp.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), ясколка (*Cerastium arvense* L.), звездчатка (*Stellaria graminea* L.), одуванчик (*Taraxacum officinale* Wigg), полынь (*Agtemisia campestris* L.), крапива (*Urtica urens* L.), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara* L.).

Вблизи от этого пункта на более старом уположенном отвале, примыкающем к первому в виде террасы, возрастом более 25 лет, высотой в 10—15 м, встречен более развитый растительный покров с покрытием в 5—10%. В основе его лежит овсяница красная с меньшим участием мятлика и бескильницы. Редкие экземпляры сосны и березы достигают высоты 60—80 см. Из травянистых растений отмечены: тростник (*Phragmites communis* Trin.), ястребинка (*Hieracium* sp.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), тысячелистник (*Achillea millefolium* L.), икотник (*Berteroa incana* (L.) D. C.), смолевка (*Silene nutans* L.), щавелек (*Rumex acetosella* L.), сурепка (*Barbarea vulgaris* R. Br.), клевер красный (*Trifolium pratense* L.).

У обогатительной фабрики № 3 на пыльном каменном отвале более чем 30-летней давности высотой в 7 м редкая растительность с покрытием не более 15%. В растительном покрове преобладает бескильница Гаупта, овсяница красная, отдельными пятнами встречается мятлик. Из других растений отмечены щавель, конский тысячелистник, иван-чай, марь, пырей ползучий (*Agoropus repens* L.) и вейник (*Calamagrostis epigeies* L.). Изредка встречаются небольшие экземпляры сосны, березы, осины и ивы до 60—90 см. Здесь же на еще более старом отвале высотой 10—12 м, в 200 м на юг от фабрики, все растения покрыты толстым слоем асбестовой пыли. Сосны и березы имеют возраст 11—15 лет и достигают высоты до 1,5 м. Здесь найдены цветущие кусты ракитника русского (*Cytisus ruthenicus* Wel.). Из травянистых растений отмечены подорожник средний (*Plantago major* L.), клевер люпиновид-

ный (*Trifolium lupinaster* L.), куль-баба (*Leontodon autumnalis* L.), девясил британский (*Inula britannica* L.), гравилат (*Geum rivale* L.), гранатник (*Libanetis montana* All.), земляника (*Fragaria vesca* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.). У основания этого отвала встречены экземпляры репейника (*Arctium tomentosum* Schrank).

Между обогатительными фабриками № 3 и 4 отвал высотой в 70 м имеет по склону несколько террас шириною в 5—10 м, на которых на высоте 15 м были зарегистрированы следующие пионерные растения: щавель конский, сурепка, марь белая, иван-чай, полынь обыкновенная, мятлик, бескильница, одуванчик, птичья гречишка, мать-и-мачеха, осот огородный (*Sonchus oleraceus* L.), пырей ползучий, лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), куль-баба, щучка (*Deschampsia caespitosa* L.), остролепестник (*Erigeron canadensis* L.), клоповник, гулявник (*Descurainia Siphia* Schur.), а также всходы ивы, березы, сосны и осины. На высоте 30 м крайне редкая растительность из сурепки, гулявника, мать-и-мачехи, мари белой, полыни и еле заметные всходы осины, сосны и ивы.

Как в пределах г. Асбеста вблизи отвалов и обогатительных фабрик, так и при подъезде к г. Асбесту по линии железной дороги обращает внимание малая охвоенность сосны, за исключением одногодичных побегов, которые создают впечатление верхушечных пучков. Отдельные ветки длинно вытянуты (гигантизм роста). Все это говорит за ненормальный характер развития сосен в этом районе в связи с тяжелыми условиями загрязнения воздуха и почвы асбестовой пылью.

ВЫВОДЫ

Асбестовые отвалы для развития растительности являются крайне бедным субстратом. Естественное зарастание их немногими видами растений начинается через 10—15 лет после их образования. Из растений, мирящихся с асбестовым субстратом и нормально развивающихся в этих условиях, могут быть названы: овсяница красная, бескильница Гаупта и мятлик луговой. Эти же растения в первую очередь должны быть использованы при озеленении асбестовых отвалов. Представители семейства бобовых встречаются крайне редко и в культуре гибнут. При нанесении на поверхность асбестовых отвалов небольшого слоя земли в 1—2 см развитие растений резко улучшается и тогда может культивироваться большинство растений.

Древесные и кустарниковые растения на отвалах (сосна, береза, осина и ивы) начинают поселяться одновременно с травянистой растительностью, но развиваются крайне медленно. В естественных лесных массивах в пределах г. Асбеста и его окрестностей из-за запыления воздуха и почвы все древесные растения страдают и угнетены, но больше всего поражается сосна.

Из мер по улучшению санитарной зоны в первую очередь должны быть названы: дальнейшее улучшение технологического

процесса при извлечении асбеста, с установкой более совершенных фильтров на обогатительных фабриках и планомерная консервация всех заброшенных отвалов путем зарастивания их травянистой и древесной растительностью.

ЛИТЕРАТУРА

Ершов М. Ф. (1959). Влияние пыли на рост растений. Ж. «Ботанический журнал», т. XIV, АН СССР.

Лебедев П. В., Углов Н. П. (1961). Биология и агротехника лугопастбищных трав, Свердловск.

Лебедев П. В., Попов В. И. (1959). Биология и продуктивность дикорастущей овсяницы луговой при испытании в культуре. «Ученые записки Уральского госуниверситета», вып. 32.

Тарчевский В. В. (1959). Основные направления и задачи изучения растительности в районах расположения промышленных предприятий. «Ученые записки Уральского госуниверситета», вып. 32, г. Свердловск.

Тарчевский В. В. (1961). Наблюдения над закрытием растительностью пылящих пространств промышленных отходов в Свердловской области. Сб. «Охрана природы на Урале», вып. II, г. Пермь.

Школьник М. Д. (1950). Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии. М.—Л.
